

**PENERAPAN *LEAN MANUFACTURING* DENGAN METODE VSM DAN FMEA  
UNTUK MENGURANGI *WASTE* PADA PRODUK *PLYWOOD*  
(Studi Kasus Dept. Produksi PT Kutai Timber Indonesia)**

**IMPLEMENTATION OF LEAN MANUFACTURING USING VSM AND FMEA  
TO REDUCE WASTE IN PRODUCT *PLYWOOD*  
(Case Study Dept. Production PT Kutai Timber Indonesia)**

**Rahmad Hidayat<sup>1)</sup>, Ishardita Pambudi Tama<sup>2)</sup>, Remba Yanuar Efranto<sup>3)</sup>**

Jurusan Teknik Industri, Universitas Brawijaya

Jl. Mayjen Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail: [roahmaedh@gmail.com](mailto:roahmaedh@gmail.com)<sup>1)</sup>, [kangdith@ub.ac.id](mailto:kangdith@ub.ac.id)<sup>2)</sup>, [remba@ub.ac.id](mailto:remba@ub.ac.id)<sup>3)</sup>

**Abstrak**

*PT Kutai Timber Indonesia merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak dalam bidang penghasil produk plywood sebagai produk utamanya. Pada proses produksi di perusahaan masih ditemukan beberapa waste. Untuk mengurangi waste yang terjadi digunakan pendekatan lean manufacturing dengan metode Value Stream Mapping (VSM) untuk pemetaan aliran produksi dan aliran informasi terhadap suatu produk pada tingkat produksi total, serta analisis Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) untuk mengetahui penyebab kegagalan proses yang terjadi di lini produksi. Identifikasi waste diawali dengan penggambaran current state map, lalu dilakukan analisis waste ke dalam kategori 7 waste (Liker, 2006). Setelah itu dilakukan analisis akar penyebab timbulnya waste menggunakan fishbone diagram, dan analisis FMEA untuk mengetahui nilai RPN tertinggi yang selanjutnya akan menjadi prioritas pemberian usulan perbaikan yang tepat dan sesuai dengan masalah dan kondisi di PT Kutai Timber Indonesia. Rekomendasi perbaikan yang diberikan terkait dengan nilai RPN tertinggi pada waste yang teridentifikasi adalah memberikan desain alat material handling yang lebih tepat dan ergonomis, melakukan kegiatan maintenance, serta melakukan penambahan jumlah mesin dryer.*

**Kata kunci:** *lean manufacturing, value stream mapping, failure mode and effects analysis*

**1. Pendahuluan**

PT Kutai Timber Indonesia (KTI) merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak dalam bidang penghasil produk *plywood* sebagai produk utamanya. Adapun bentuk produk lainnya yang dihasilkan oleh perusahaan ini, seperti *second process plywood*, *wood working*, dan *particle board*. Produk yang di hasilkan sampai di *export* ke luar. Penelitian di PT Kutai Timber Indonesia ini akan dilakukan pada produk jenis *plywood* dengan ukuran 9 x 1220 x 2440 mm, karena produk ini merupakan produk utama dari perusahaan, yang permintaannya sangat besar. Permintaan akan produk *plywood* ini rata-rata sekitar 11.400 m<sup>3</sup> per bulan, oleh karena itu maka adanya *waste* pada perusahaan ini perlu untuk di eliminasi.

Perusahaan ini memiliki *waste* pada lini produksi, yaitu adanya *product defect*, *waiting time* serta *unnecessary inventori*. Bentuk *product defect* disini antara lain seperti pecah diluar standar, *core* kasar, *press mark*, *over lapped* atau terjadinya *split* pada *plywood*, *repair*, terdapatnya patahan pada bagian *plywood*, terdapatnya rongga pada *core*

*plywood*, dll. Menurut data yang diperoleh dari PT Kutai Timber Indonesia, perusahaan ini masih banyak menghasilkan *product defect* yang jumlahnya melebihi toleransi yang telah ditentukan oleh perusahaan. Perusahaan ini memiliki toleransi *product defect* sebesar 2,50 % dari total *output* yang dihasilkan. Adapun data prosentase *product defect* yang terdapat di PT Kutai Timber Indonesia pada 6 bulan pertama tahun 2013 dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Jumlah Product Defect di PT KTI

No	Bulan	Product defect (%)
1	Januari	2,50 %
2	Februari	2,56 %
3	Maret	2,54 %
4	April	2,69 %
5	Mei	2,65 %
6	Juni	2,68 %

Selain itu, *unnecessary inventory* juga ditemui pada lini produksi, yaitu adanya antrian material yang akan memasuki proses *dryer*

yang disebabkan karena mesin *dryer* masih dalam proses pengerjaan material sebelumnya, hal ini akan menimbulkan *work in process* (WIP) yang dapat mengurangi produktivitas perusahaan. Material yang mengalami antrian ini bisa saja menghabiskan waktu lebih dari 60 menit untuk mengalami proses di mesin berikutnya. Pada proses ini, material mengalami penumpukan atau antrian, sehingga terdapat beberapa material yang harus di diam kan terlebih dahulu dan dikerjakan kemudian. WIP ini dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Antrian Pada Proses *Dryer*

Adanya pemborosan (*waste*) di PT Kutai Timber Indonesia tersebut, tentunya akan mengakibatkan kerugian pada perusahaan. Adapun bentuk kerugian yang dapat ditanggung oleh perusahaan, seperti kerugian dalam hal biaya, kurang maksimalnya jumlah produk yang dihasilkan, serta berpengaruh terhadap efisiensi waktu yang digunakan, sehingga adanya *waste* ini perlu untuk diidentifikasi dan dianalisis, sehingga dapat diberikan usulan perbaikan. Untuk menganalisis *waste*, dibutuhkan suatu metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan mereduksi terjadinya *waste* pada system agar perusahaan dapat menghemat sumber daya bahan baku, waktu dan energi sehingga terjadi peningkatan efisiensi. Salah satu pendekatan yang digunakan untuk mengeliminasi *waste* tersebut adalah *lean manufacturing* dengan menggunakan metode *Value Stream Mapping*. *Lean manufacturing* merupakan suatu metode optimal untuk memproduksi barang melalui peniadaan pemborosan atau *waste* (Wilson, 2010). *Lean manufacturing* merupakan suatu pendekatan yang dapat digunakan untuk melakukan perbaikan terhadap pemborosan yang terjadi

pada perusahaan, sehingga *lead time* produksi dapat berkurang. Terdapat 5 prinsip *Lean* yang harus diperhatikan yaitu *specify value, identify value stream, flow, pulled, perfection* (Hines dan Taylor, 2000). *Value Stream Mapping* atau VSM adalah suatu metode pemetaan aliran produksi dan aliran informasi untuk memproduksi satu produk atau satu family produk, yang tidak hanya pada masing-masing area kerja, tetapi pada tingkat total produksi serta mengidentifikasi kegiatan yang termasuk *value added* dan *non value added* (Rother and Shock, 2003). VSM mengelompokkan aktivitas-aktivitas yang ada pada rantai produksi dalam aktivitas *value added* dan *non value added*, sehingga dapat diketahui aktivitas mana yang dapat memberikan nilai tambah dan yang tidak memberikan nilai tambah, yang selanjutnya dapat dilakukan langkah-langkah untuk mengeliminasi pemborosan yang ada. Selain itu, penelitian ini juga menerapkan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) untuk menganalisis penyebab kegagalan proses dilantai produksi. FMEA disini digunakan untuk mengidentifikasi potensi penyebab kegagalan yang ada di produksi, sehingga dapat mengeliminasi dan meminimalkan resiko terjadinya kegagalan yang akan timbul.

## 2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode penelitian deskriptif. Penelitian deskriptif adalah penelitian ini ditujukan untuk mendeskripsikan fenomena-fenomena yang ada, baik fenomena alamiah maupun fenomena buatan manusia. Fenomena disini bisa berupa bentuk, aktivitas, karakteristik, perubahan, hubungan, kesamaan, dan perbedaan antara fenomena yang satu dengan fenomena lainnya.

### 2.1 Langkah – Langkah Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Survei Pendahuluan  
Langkah awal yang perlu dilakukan, karena hal ini bermanfaat bagi peneliti karena dapat memberikan gambaran yang jelas tentang obyek penelitiannya.
2. Studi literature  
Studi literatur digunakan untuk mempelajari teori dan ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan permasalahan yang akan diteliti.

3. Identifikasi masalah  
Identifikasi masalah dilakukan dengan tujuan untuk mencari penyebab timbulnya masalah dan kemudian mencari permasalahan yang terjadi.
4. Perumusan masalah  
Rumusan masalah merupakan rincian dari permasalahan yang dikaji.
5. Penetapan tujuan penelitian  
Tujuan penelitian ditentukan berdasarkan perumusan masalah yang telah dijabarkan sebelumnya.
6. Pengumpulan data  
Dalam tahap ini yang dilakukan adalah mengumpulkan data yang diperlukan selama proses penelitian berlangsung. Data yang diperlukan yaitu:
  - a. Waktu siklus produk
  - b. *Uptime* dan *change overtime*
  - c. Data tinjauan umum PT Kutai Timber Indonesia
  - d. Data proses produksi
  - e. Data jam kerja perusahaan
  - f. Jumlah operator
  - g. Data permintaan
  - h. Data ukuran *batch* produksi
  - i. Data *scrap*
  - j. Data produk *defect*
7. Pengolahan data  
Langkah-langkah dalam pengolahan data adalah sebagai berikut.
  - a. Menghitung waktu standar tiap proses
  - b. Pembuatan *current state map*  
*Current state map* merupakan sebuah gambaran aliran material dan informasi pada proses produksi.
  - c. Identifikasi pemborosan  
Identifikasi pemborosan diawali dengan membuat tabel VA, NVA, dan NBVA. Sehingga diketahui aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah sehingga diketahui prosentase VA dan NVA nya. Selanjutnya dari aktivitas tersebut akan diidentifikasi secara manual berdasarkan teori 7 *waste*, dengan melihat kondisi di perusahaan.
  - d. Menentukan akar permasalahan dengan *fishbone diagram*  
Dengan diagram ini maka penyebab dari *waste* yang telah teridentifikasi disini dapat diketahui untuk selanjutnya di analisis di FMEA untuk mengetahui nilai RPN tertinggi.
  - e. Menentukan *takt time*  
Penentuan *takt time* untuk setiap proses, menunjukkan seberapa sering seharusnya suatu produk diproduksi untuk memenuhi permintaan pelanggan. Apabila *cycle time* berada diatas *takt time* maka proses tersebut berjalan lebih lambat sehingga seharusnya dilakukan perbaikan.
  - f. Analisis FMEA  
Dilakukan dengan memberikan rating pada *severity*, *occurance*, dan *detection* sehingga menghasilkan RPN. Nilai RPN tertinggi digunakan untuk mengetahui jenis *waste* mana yang memiliki potensi penyebab kegagalan yang tertinggi sehingga perlu untuk dilakukan rekomendasi perbaikan terlebih dahulu.
  - g. Memberikan rekomendasi perbaikan  
Fokus rekomendasi perbaikan didasarkan pada apa yang sudah dianalisa sebelumnya, yaitu berdasarkan analisa dari perhitungan *takt time*, serta nilai RPN tertinggi yang dihasilkan dari analisis FMEA terkait dengan jenis *waste* yang telah teridentifikasi.
8. Kesimpulan dan saran  
Tahap terakhir yang berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil pengumpulan, pengolahan dan analisis yang menjawab tujuan penelitian yang ditetapkan.

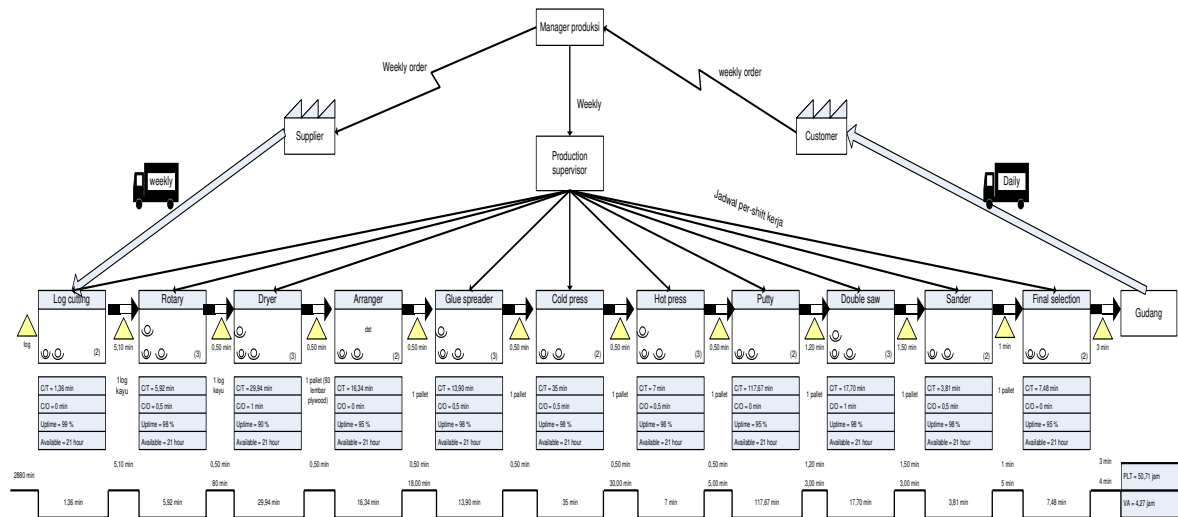
### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Pembuatan *Current State Map*

*Current State Map* merupakan gambaran dari proses produksi yang berlangsung dalam perusahaan yang meliputi aliran informasi dan material. *Current State Map* diperlukan sebagai langkah awal dalam proses identifikasi *waste* yang terjadi pada proses produksi *plywood* di PT KTI. Adapun gambar *current state map* disini dapat dilihat pada Gambar 2.

#### 3.2 Analisa *Current State Map*

Setelah digambarkan *current state map* maka pemetaan tersebut akan dijadikan acuan untuk mengidentifikasi pemborosan yang terjadi di sepanjang *value stream*. Sebelumnya akan dilakukan pengelompokan kegiatan yang termasuk *value added (VA)*, *non value added (NVA)*, dan *necessary but non value added (NBVA)*. Untuk pengelompokan aktivitas tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 2. Current State Map

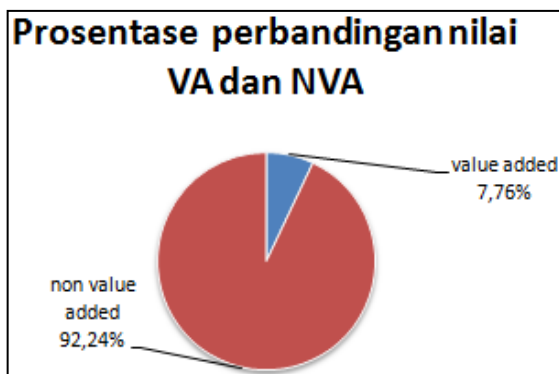
Tabel 2. Pengelompokan VA, NVA, NBVA

No.	Aktivitas	Waktu (menit)	Kategori
1	Inventory awal material log kayu yang datang dengan menaruhnya diatas permukaan laut	2880	NBVA
2	Log kayu di transfer ke log cutting	2,00	NVA
3	Proses log cutting untuk memotong log kayu	1,36	VA
4	Log kayu yang telah dipotong di transfer ke rotary	5,10	NVA
5	Proses rotary untuk mengubah log kayu menjadi lembaran core	5,92	VA
6	Gulungan lembaran core di transfer ke proses selanjutnya	0,50	NVA
7	Gulungan lembaran core menunggu untuk diproses di dryer sehingga menimbulkan WIP	80,00	NVA
8	Proses dryer untuk mengeringkan lembaran core sesuai standar yang telah ditentukan	29,94	VA
9	Core di transfer ke proses arranger	0,50	NVA
10	Proses arranger untuk melakukan proses repair, seperti penutupan lubang, bercak, dan noda pada core, serta menentukan kualitas core sesuai standar yang ada	16,34	VA
11	Core yang telah di inspeksi menunggu untuk di transfer ke proses selanjutnya	18,00	NVA
12	Core di transfer ke proses glue	0,50	NVA
13	Proses glue untuk melakukan pengeleman terhadap core, face, dan back sehingga menghasilkan plywood	13,90	VA
14	1 pallet plywood ditransfer ke proses cold press	0,50	NVA
15	Proses cold press untuk memberikan tekanan pada plywood sehingga lebih merekatkan core, face, dan back	35,00	VA
16	1 pallet plywood diinspeksi dan menunggu untuk di transfer ke proses selanjutnya	30,00	NBVA
17	1 pallet plywood di transfer ke proses hot press	0,50	NVA
18	Proses hot press untuk menyempurnakan proses glue sebelumnya	7,00	VA
19	1 pallet plywood menunggu untuk di transfer ke proses selanjutnya	5,00	NVA
20	1 pallet plywood di transfer ke proses putty	0,50	NVA
21	Proses putty untuk melakukan pendempulan sekaligus inspeksi terhadap plywood yang mengalami defect	117,67	VA
22	1 pallet plywood menunggu untuk di transfer ke proses selanjutnya	3,00	NVA
23	1 pallet plywood di transfer ke proses double saw	1,20	NVA

Lanjutan Tabel 2. Pengelompokan VA, NVA, NBVA

No.	Aktivitas	Waktu (menit)	Kategori
24	Proses <i>double saw</i> untuk melakukan pemotongan pada dua sisi <i>plywood</i> sesuai dengan ukuran jenis produk yang mau dibuat	17,70	VA
25	1 <i>pallet plywood</i> menunggu untuk di transfer ke proses selanjutnya	3,00	NVA
26	1 <i>pallet plywood</i> di transfer ke proses <i>sander</i>	1,50	NVA
27	Proses <i>sander</i> untuk memberikan pelapisan pada <i>plywood</i> yang telah melewati proses potong	3,81	VA
28	1 <i>pallet plywood</i> menunggu untuk di transfer ke proses selanjutnya	5,00	NVA
29	1 <i>pallet plywood</i> di transfer ke proses <i>final selection</i>	1,00	NVA
30	Proses <i>final selection</i> untuk melakukan inspeksi akhir terhadap <i>plywood</i>	7,48	VA
31	1 <i>pallet plywood</i> yang telah jadi , menunggu untuk di transfer ke proses selanjutnya	4,00	NVA
32	1 <i>pallet plywood</i> yang telah jadi di transfer ke gudang	3,00	NVA

Dari Tabel 2, maka kita bisa mengetahui untuk waktu yang termasuk *value added time* sebesar 256,12 menit, sedangkan untuk waktu yang termasuk *non value added time* adalah sebesar 3042,8 menit. Gambar 3 adalah perbandingan antara waktu *value added time* dan *non value added time*.



Gambar 3. Perbandingan VA dan NVA

Dari Gambar 3 dapat diketahui bahwa prosentase *value added time* hanya sebesar 7,76 % dari total waktu keseluruhan produksi yaitu 3298,92 menit. Nilai NVA yang terdapat di PT Kutai Timber Indonesia ini cenderung besar jika dibandingkan dengan nilai VA time nya, oleh karena itu perlu untuk dilakukan identifikasi agar bisa mengurangi waktu total produksi sehingga waktu produksi dapat lebih cepat serta dapat meminimasi *waste* yang ada di lini produksi.

### 3.3 Identifikasi Pemborosan (Waste)

Adapun identifikasi pemborosan yang terdapat di PT Kutai Timber Indonesia disini adalah sebagai berikut.

#### 1. Produksi yang berlebih (*overproduction*)

Pada perusahaan ini jumlah *output* produk yang dihasilkan tidak pernah mengalami *overproduction* dalam jumlah yang besar. Jumlah *plywood* yang dihasilkan memang ada yang kadang mengalami lebih dari jumlah yang ditargetkan, namun kelebihan ini hanya toleransi saja. Perusahaan ini memiliki ketetapan yang telah disepakati bahwa dalam melakukan proses produksi maka *outputnya* nanti diperbolehkan kurang dari atau pun lebih dari 10% dari jumlah *output* yang telah ditargetkan. Sehingga perusahaan ini tidak memiliki jenis *waste overproduction*.

#### 2. Waktu menunggu (*waiting time*)

Adapun *waste waiting time* yang teridentifikasi dalam pembuatan produk *plywood* di PT Kutai Timber Indonesia disini adalah sebagai berikut:

- Core* yang telah diinspeksi di proses *arranger* mengalami *waiting time* untuk di transfer ke proses *glue*.
- 1 *pallet plywood* yang telah diproses di *hot press* mengalami *waiting time* untuk di transfer ke proses *putty*
- 1 *pallet plywood* yang telah melewati proses *double saw* menunggu untuk di transfer ke proses *sander*.
- 1 *pallet plywood* yang telah melewati proses *sander* menunggu untuk di transfer ke proses *final selection* untuk di inspeksi akhir.
- 1 *pallet plywood* yang telah jadi menunggu untuk di transfer ke gudang,

Berdasarkan Tabel 2, *Waiting time* terbesar terjadi saat *core* mau memasuki proses *glue*, yaitu 18 menit yang selanjutnya akan diidentifikasi terlebih dulu agar diketahui penyebabnya yang harapannya bisa



- mengurangi jenis *waste* tersebut.
3. Transportasi (*transportation*)  
Pada proses pembuatan *plywood* ini tidak ditemukan jenis *waste transportation*.
  4. Proses yang berlebih (*overprocessing*)  
Semua proses produksi yang ada termasuk *value added time*, sehingga tidak ditemukan adanya pengulangan proses yang dirasa kurang penting ataupun pemborosan proses yang tidak menghasilkan nilai tambah.
  5. Persediaan yang berlebih (*inventory*)  
Pada proses pembuatan *plywood* ini tidak terjadi jenis *waste inventory* dalam bentuk material bahan baku maupun produk jadi. Pada awal proses *log* kayu sebagai material utama pembuatan *plywood* ini dilakukan *inventory* di laut dengan cara diapungkan. Pada proses *inventory* ini tidak menghabiskan biaya penyimpanan untuk perusahaan sendiri, karena material yang disimpan ditempatkan di laut. Sedangkan untuk produk jadinya, *plywood* tidak menghabiskan waktu yang sangat lama untuk disimpan di gudang. *Plywood* yang telah diproduksi ini bisa saja dikirim langsung ke *customer* dan bisa juga di *inventory* hanya selama 2 hari untuk menunggu dikirim ke *customer* karena pengiriman disini menggunakan transportasi laut.  
Tetapi pada proses produksinya, *unnecessary inventory* ditemukan dilini produksi lembaran *core* yang akan memasuki proses *dryer*. Seperti data waktu VA, NBVA, dan VA yang ada di tabel 4 diatas, maka kita bisa mengetahui bahwa pada proses produksi pembuatan *plywood* ini terdapat waktu antrian atau WIP yang sangat lama yaitu terdapat pada proses yang mau memasuki mesin *dryer*. Pada WIP *time* ini, waktu antrian mencapai 80 menit.
  6. Gerakan yang tidak perlu (*motion*)  
Tidak teridentifikasi adanya gerakan-gerakan yang tidak diperlukan yang dapat menyebabkan pemborosan dalam lini produksi. Sehingga tidak ada pemborosan gerakan yang tidak perlu pada pembuatan produk *plywood* ini.
  7. Produk cacat (*product defect*)  
Sebelumnya terdapat 5 jenis produk defect, namun setelah dilakukan perhitungan diagram pareto, maka *defect* yang akan diidentifikasi adalah sebagai berikut:
    - a. Pecah diluar standar, pada jenis *defect* ini serat *plywood* pecah dan terpisah

menembus ketebalan venir diluar standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Penyebab dari pecahnya venir disini bisa saja berasal dari memang adanya pecahan pada material bahan baku atau *log* kayu nya sendiri. Tetapi faktor utama yang menyebabkan pecahnya *plywood* disini adalah karena proses *material handling* yang kurang hati-hati sehingga menyebabkan *defect*. Selain itu juga di sebabkan karena proses *repair* yang kurang sempurna.

- b. *Core* kasar, yaitu salah satu jenis *defect* pada *plywood* dimana keadaan *core* tidak rata pada permukaannya atau tingkat kekasarannya lumayan tinggi. Penyebab utama dari *defect* disini adalah karena pengaruh pisau potong yang sudah tidak tajam lagi, dan tidak dilakukan penggantian pada saat sudah seharusnya dilakukan pergantian.

### 3.4 Analisa Penyebab Timbulnya Waste

Langkah selanjutnya yang dilakukan yaitu melakukan analisa penyebab timbulnya *waste*. Untuk mengetahui akar penyebab dari timbulnya *waste* disini maka akan dianalisa menggunakan *fishbone diagram*. Selanjutnya penyebab-penyebab yang telah teridentifikasi akan dipilih faktor penyebab utamanya untuk diidentifikasi lebih lanjut dengan analisis FMEA. Adapun rekap hasil analisis *fishbone* dan FMEA disini dapat dilihat seperti Tabel 13.

### 3.5 Penentuan Takt Time

Sesuai dengan data yang diperoleh dari PT Kutai Timber Indonesia, jumlah permintaan akan produk jenis *plywood* ukuran 9 x 1220 x 2440 mm ini memiliki rata-rata 11.400 m<sup>3</sup> tiap bulannya. Dalam 1 bulan terdapa 30 hari kerja sehingga permintaannya 380 m<sup>3</sup> /hari. Pada perusahaan ini terdapat 4 stasiun kerja sehingga 1 stasiun kerjanya adalah 95 m<sup>3</sup> /hari yaitu sekitar 38 *pallet* /hari. Untuk jam kerja yang tersedia (*available time*) di perusahaan ini yaitu 21 jam /hari yaitu 1260 menit /hari setelah dikurangi dengan waktu istirahat dan pergantian shift. Perhitungan *takt time* dilakukan pada setiap proses dimulai dari proses yang paling akhir yaitu *final selection*.

Adapun contoh perhitungan dari *takt time* untuk proses *final selection* adalah sebagai berikut:

Final selection

Uptime = 95% ; scrap = 0,01%

Customer demand = 38 pallet/hari : 95%(1- 0,01%)  
= 40 pallet/hari

$$\text{Takt time} = \frac{\text{available working time per day}}{\text{customer demand rate per day}} \quad (\text{Pers.1})$$

$$= \frac{1260}{40}$$

$$= 31,5 \text{ menit/pallet}$$

Adapun rekam data hasil perbandingan *takt time* dengan *cycle time* yaitu pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Perbandingan *Takt Time* dan CT

No.	Proses	<i>Takt time</i> (menit/pallet)	<i>Cycle time</i> (menit)
1	Cutting	24,7	1.36
2	Rotary	24,7	5.92
3	Dryer	25,2	29.94
4	Arranger	28	16.34
5	Glue	29,3	13.90
6	Cold press	29,3	35.00
7	Hot press	29,3	7.00
8	Putty	30	117.67
9	Double saw	31,5	17.70
10	Sander	31,5	3.81
11	F.Selection	31,5	7.48

Dari Tabel 3, maka kita bisa mengetahui bahwa terdapat beberapa proses yang *cycle time* nya berada diatas *takt time* yang menunjukkan bahwa proses tersebut berjalan lebih lambat dari yang seharusnya, sehingga selanjutnya dapat diberikan rekomendasi perbaikan agar proses ini dapat lebih baik lagi.

### 3.6 Analisis FMEA

FMEA dilakukan untuk menghasilkan nilai RPN dengan cara mengalikan nilai rating *severity*, *occurance*, dan *detection*. Untuk penentuan kriteria dan *rating severity*, *occurance*, dan *detection* didapatkan dari hasil *brainstorming* dengan *value stream manager* di PT Kutai Timber Indonesia. Adapun kriteria dan *rating* dari *severity*, *occurance*, dan *detection* yang dihasilkan adalah sebagai berikut.

#### 1. Severity

*Severity* merupakan tingkat keseriusan *waste* yang terjadi. Adapun *severity* untuk masing-masing *waste* dapat dilihat pada Tabel 4,5,dan Tabel 6.

**Tabel 4.** *Severity Waste Waiting Time*

Rating	Effect	Kriteria
1	Tidak ada akibat	Tidak terjadi <i>waiting time</i>
2	Sangat ringan	Terjadi <i>waiting time</i> , tetapi tidak berpengaruh pada proses produksi
3	Ringan	Terjadi <i>waiting time</i> , dan memiliki pengaruh yang sangat kecil terhadap proses berikutnya
4	Sangat rendah	Terjadi <i>waiting time</i> , dan berpengaruh pada 1 proses berikutnya
5	Rendah	Terjadi <i>waiting time</i> , dan berpengaruh pada 2 proses berikutnya
6	Sedang	Terjadi <i>waiting time</i> , dan berpengaruh pada 3 proses berikutnya
7	Tinggi	Terjadi <i>waiting time</i> , dan berpengaruh pada 4 proses berikutnya
8	Sangat tinggi	Terjadi <i>waiting time</i> , dan berpengaruh pada sebagian besar proses berikutnya
9	Berbahaya	<i>Waiting time</i> sangat sering terjadi, sehingga proses produksi tidak efektif
10	Sangat berbahaya	Proses produksi tidak dapat dilakukan

**Tabel 5.** *Severity Unnecessary Inventory*

Rating	Effect	Kriteria
1	Tidak ada akibat	Tidak terjadi <i>work in process</i> (WIP)
2	Sangat ringan	Terjadi WIP hanya di 1 proses WIP tidak menyebabkan <i>waiting time</i> diproses lainnya
3	Ringan	Terjadi WIP hanya di 1 proses WIP menyebabkan <i>waiting time</i> di 1 proses lainnya
4	Sangat rendah	Terjadi WIP hanya di 1 proses WIP menyebabkan <i>waiting time</i> di > 1 proses lainnya
5	Rendah	Terjadi WIP pada 2 proses WIP tidak menyebabkan <i>waiting time</i> diproses lainnya
6	Sedang	Terjadi WIP pada 2 proses WIP menyebabkan <i>waiting time</i> di 1 proses lainnya
7	Tinggi	Terjadi WIP pada 2 proses WIP menyebabkan <i>waiting time</i> di > 1 proses lainnya
8	Sangat tinggi	Terjadi WIP pada ≥ 3 proses WIP menyebabkan <i>waiting time</i> di 1 proses lainnya
9	Berbahaya	Terjadi WIP pada ≥ 3 proses WIP menyebabkan <i>waiting time</i> di > 1 proses lainnya
10	Sangat berbahaya	Semua proses terjadi WIP WIP menyebabkan <i>waiting time</i> proses lainnya

**Tabel 6. Severity Product Defect**

Rating	Effect	Kriteria
1	Tidak ada akibat	Kegagalan produk tidak memiliki pengaruh terhadap proses produksi Produk masuk dalam kualitas A
2	Sangat ringan	Menimbulkan gangguan yang sangat kecil pada proses produksi Produk masuk dalam kualitas A Membutuhkan waktu <i>repair</i> yang sangat kecil
3	Ringan	Menimbulkan gangguan yang kecil pada proses produksi Produk masuk dalam kualitas A Membutuhkan waktu <i>repair</i> yang kecil
4	Sangat rendah	Menimbulkan gangguan yang kecil pada proses produksi Produk masuk dalam kualitas B Membutuhkan waktu <i>repair</i> yang kecil
5	Rendah	Menimbulkan gangguan yang kecil pada proses produksi Produk masuk dalam kualitas B Membutuhkan waktu <i>repair</i> yang sedang
6	Sedang	Menimbulkan gangguan yang sedang pada proses produksi Produk masuk dalam kualitas C Membutuhkan waktu <i>repair</i> yang sedang
7	Tinggi	Menimbulkan gangguan yang sedang pada proses produksi Produk masuk dalam kualitas C Membutuhkan waktu <i>repair</i> yang besar
8	Sangat tinggi	Menimbulkan gangguan yang besar pada proses produksi Produk masuk dalam kualitas C Membutuhkan waktu <i>repair</i> yang besar
9	Berbahaya	Menimbulkan gangguan yang serius pada proses produksi Produk masuk dalam kualitas D Membutuhkan waktu <i>repair</i> yang sangat besar
10	Sangat berbahaya	Menimbulkan gangguan yang sangat pada proses produksi Produk masuk dalam kualitas D Tidak bisa dilakukan <i>repair</i> ataupun rework

## 2. Occurance

*Occurance* merupakan rating yang menunjukkan tingkat keseringan terjadinya suatu *waste*. Adapun kriteria dan rating pada *occurance* dapat dilihat pada Tabel 7,8, dan Tabel 9.

**Tabel 7. Occurance Waiting Time**

Rating	Effect	Kriteria
1	Tidak ada	Tidak terjadi waiting time
2	Sangat rendah	Terjadi waiting time selama $\leq 2$ menit
3	Rendah	Terjadi waiting time selama $\leq 10$ menit
4	Sedang	Terjadi waiting time selama $\leq 20$ menit
5		Terjadi waiting time selama $\leq 30$ menit
6		Terjadi waiting time selama $\leq 45$ menit
7	Tinggi	Terjadi waiting time selama $\leq 1$ jam
8		Terjadi waiting time selama $\leq 1,5$ jam
9	Sangat tinggi	Terjadi waiting time selama $\leq 2$ jam
10		Terjadi waiting time selama $> 2$ jam

**Tabel 8. Occurance Un. Inventory**

Rating	Effect	Kriteria
1	Tidak ada	Tidak terjadi work in process (WIP) selama proses produksi
2	Sangat rendah	Terjadi WIP selama $\leq 15$ menit
3	Rendah	Terjadi WIP selama $\leq 30$ menit
4	Sedang	Terjadi WIP selama $\leq 1$ jam
5		Terjadi WIP selama $\leq 1,5$ jam
6		Terjadi WIP selama $\leq 2$ jam
7	Tinggi	Terjadi WIP selama $\leq 2,5$ jam
8		Terjadi WIP selama $\leq 3$ jam
9	Sangat tinggi	Terjadi WIP selama $\leq 4$ jam
10		Terjadi WIP selama $> 4$ jam

**Tabel 9. Occurance Product Defect**

Rating	Effect	Kriteria
1	Tidak ada	Tidak terjadi kegagalan (99% produk jadi)
2	Sangat rendah	Kemungkinan terjadinya kegagalan $\leq 1,5$ %
3	Rendah	Kemungkinan terjadinya kegagalan $\leq 2$ %
4	Sedang	Kemungkinan terjadinya kegagalan $\leq 2,5$ %
5		Kemungkinan terjadinya kegagalan $\leq 3$ %
6		Kemungkinan terjadinya kegagalan $\leq 4$ %
7	Tinggi	Kemungkinan terjadinya kegagalan $\leq 5$ %
8		Kemungkinan terjadinya kegagalan $\leq 6$ %
9	Sangat tinggi	Kemungkinan terjadinya kegagalan $\leq 8$ %
10		Kemungkinan terjadinya kegagalan $> 8$ %

## 3. Detection

*Detection* merupakan rating yang menunjukkan tingkat kemudahan terdeteksinya suatu *waste*. Adapun kriteria nya dapat dilihat pada Tabel 10.



**Tabel 10. Detection**

Rating	Effect	Kriteria
1	Hampir pasti	Sangat jelas, sangat mudah untuk diketahui
2	Sangat tinggi	Jelas bagi indra manusia
3	Tinggi	Memerlukan inspeksi
4	Agak tinggi	Inspeksi yang hati-hati dengan menggunakan indra manusia
5	Sedang	Inspeksi yang sangat hati-hati dengan indra manusia
6	Rendah	Memerlukan inspeksi, dan bantuan alat/metode/pembongkaran sederhana
7	Sangat rendah	Memerlukan inspeksi, dan bantuan alat/metode/pembongkaran kompleks
8	Jarang	Memerlukan inspeksi, dan bantuan alat/metode/pembongkaran kompleks yang mahal
9	Sangat jarang	Kemungkinan besar tidak dapat dideteksi
10	Hampir tidak mungkin	Tidak dapat dideteksi

Untuk perhitungan nilai RPN pada FMEA dapat dilihat seperti Tabel 12.

### 3.7 Rekomendasi Perbaikan

Rekomendasi perbaikan diberikan kepada 4 nilai RPN terbesar yang dihasilkan dari analisis FMEA. Adapun usulan perbaikan tersebut adalah sebagai berikut:

#### a. Pengaturan Jumlah Operator dan Kapasitas Mesin

Dari perhitungan RPN di Tabel FMEA, diketahui bahwa penyebab yang berpengaruh untuk jenis *waste waiting time* dan *unnecessary inventory* adalah sama, yaitu penyebab utamanya dikarenakan kurangnya kapasitas mesin *dryer* yang ada di lini produksi. Selain itu, terkait dengan analisis waktu *takt time*, ternyata proses *dryer* ini memang mempunyai *cycle time* yang lebih besar dari waktu *takt time*, yang artinya proses ini berjalan lebih lambat dari yang seharusnya. Oleh karena itu penambahan kapasitas terkait dengan jumlah mesin di proses *dryer* ini perlu dilakukan agar bisa mengurangi waktu antrian yang ada serta bisa mengatasi besarnya waktu *cycle time* terhadap waktu *takt time* nya. Adapun perhitungan nya pada persamaan 2.

$$Uptime = 90\% ; scrap = 0,58\%$$

$$P = \frac{Pg}{E \times (1-Pd)} = \frac{45 \text{ pallet /hari}}{90\% \times (1-0,58)} \quad (\text{Pers.2})$$

$$P = 50 \text{ pallet/hari}$$

$$N_i = \frac{Ti}{60} \times \frac{Pi}{D} \quad N = \frac{29,94}{60} \times \frac{50}{21}$$

$$N = 1,19 \rightarrow N = 2 \text{ buah mesin dryer}$$

Dengan cara yang sama maka untuk proses *putty* dihasilkan 4 operator

#### b. Perbaikan Desain Material Handling

Dari nilai RPN yang dihasilkan di tabel FMEA, maka faktor yang berpengaruh terhadap terjadinya *defect* pecahnya produk diluar standar adalah karena adanya tekanan yang keras terhadap material, dorongan, serta adanya material yang jatuh saat proses pemindahan ke alat *material handling*, yang disebabkan karena kurang ergonominya alat *manual material handling* yang digunakan. Sehingga, usulan perbaikan yang dapat diberikan terhadap *waste* produk *defect* ini. Adapun usulan desain sebelum dan sesudah perbaikan seperti Gambar 4 dan Gambar 5. Adapun ukuran-ukuran yang dipakai pada usulan desain ini yaitu berdasarkan standar dimensi tubuh yang ditetapkan oleh Stephen Pheasant dalam bukunya yang berjudul "*Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work (second edition)*", 2003". Untuk bagian-bagian alat, persentil yang digunakan, serta nilai ukuran yang dipakai pada usulan desain dapat dilihat seperti Tabel 11.

**Tabel 11. Ukuran Dimensi Tubuh yang Dipakai**

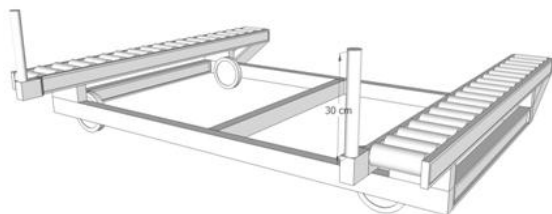
No.	Bagian alat pada desain	Persentil yang digunakan	Ukuran yang dipakai
1.	Diameter pegangan	Persentil bawah (5-th) pria	4,5 cm
2.	Tinggi pegangan dari lantai (menyesuaikan tinggi siku dari lantai)	Persentil rata-rata (50-th) pria	109 cm

(Sumber: Pheasant, 2003)

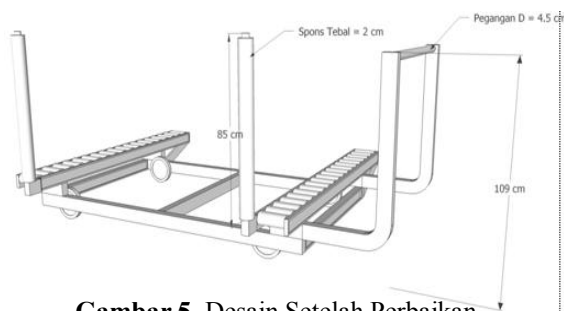
Sedangkan untuk ukuran-ukuran lainnya pada desain disesuaikan dengan ukuran desain awal. Untuk ukuran tinggi penyangga pada desain setelah perbaikan akan disesuaikan dengan tinggi *plywood* yang dipindahkan yaitu setinggi 1 *pallet plywood* (93 lembar).

Tabel 12. Nilai RPN

Failure	Severity	Failure mode	Occurance	Recommended action	Detection	RPN
Waiting time sebelum memasuki proses glue	4	Kurangnya jumlah mesin dryer pada masing-masing stasiun kerja, sehingga menghasilkan selisih waktu proses dalam pembuatan face, back dan core, sehingga menyebabkan adanya waiting time material yang akan memasuki proses glue	4	Melakukan penambahan jumlah mesin dryer sesuai kebutuhan	2	32
		Ada waktu transportasi material handling dari stasiun kerja lain	2	Transportasi pemindahan material dipercepat dengan memberikan alat material handling yang tepat	2	16
Unnecessary inventory (WIP) pada proses dryer	3	Kurangnya jumlah mesin dryer, sehingga menyebabkan WIP. Mesin dryer memiliki waktu proses yang lebih lama jika dibandingkan dengan proses sebelumnya, sehingga lamanya proses ini membutuhkan jumlah mesin dryer yang lebih pula	5	Melakukan penambahan jumlah mesin dryer sesuai kebutuhan	2	30
Pecah diluar standar pada lembar plywood	5	Adanya tekanan yang keras terhadap material, dorongan, serta adanya material yang jatuh saat proses pemindahan ke alat material handling, yang disebabkan karena kurang ergonominya alat manual material handling yang digunakan	5	Mengurangi tekanan pada material, dan mencegah jatuhnya material dengan memberikan usulan desain alat material handling yang lebih ergonomis	2	50
		Proses repair yang kurang sempurna	2	Memperbaiki kinerja karyawan dengan memberikan pelatihan, dll, agar proses repair lebih sempurna	3	30
Core kasar pada plywood	3	Pisau penyayat pada mesin rotary sudah tidak tajam lagi, karena pemakaiannya telah melebihi usia pakai produktifnya	2	Melakukan maintenance dengan melakukan pemeriksaan secara berkala serta mengganti pisau yang ketajamannya telah berkurang, sesuai usia pakai produktifnya	7	42
		Kualitas kayu kurang bagus	1	Melakukan penanaman bibit jenis kayu yang berkualitas, sesuai dengan data history kualitas kayu yang dimiliki oleh perusahaan	6	18



Gambar 4. Desain Sebelum Perbaikan



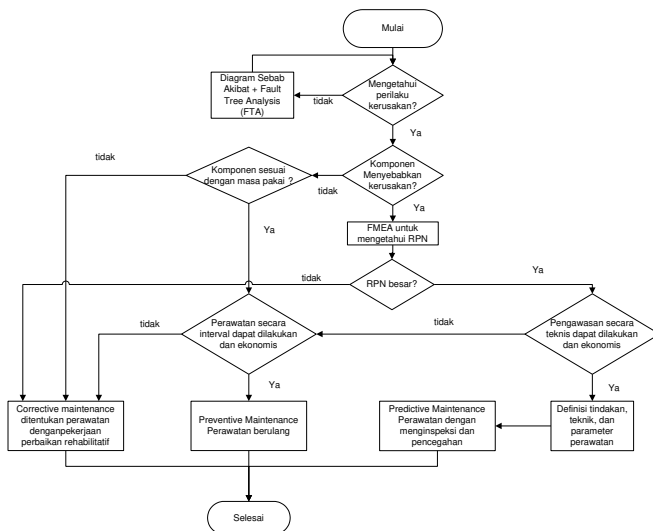
Gambar 5. Desain Setelah Perbaikan

Ukuran yang di pakai pada desain tentunya memperhatikan ukuran persentil dimensi tubuh pekerja. Dengan usulan perbaikan ini, harapannya tidak ada lagi material yang jatuh dan material yang terkena tekanan yang cukup keras karena telah dilakukan perbaikan pada pembatas alat *material handling*. Selain itu dalam proses pemindahannya, pekerja tidak lagi memberikan dorongan berupa tekanan langsung pada material, melainkan pekerja dapat mendorong pada pegangan seperti yang telah diusulkan. Dengan meminimasi penyebab terjadinya *defect*, maka kemungkinan terjadinya produk *defect* pun dapat diminimasi.

### c. Penerapan Maintenance

Kegiatan *maintenance* diperlukan untuk mengatasi *defect core* kasar. Untuk penentuan

jenis *maintenance* akan di pilih setelah melakukan perhitungan RPN seperti alur pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Diagram Alir Penentuan Jenis *Maintenance*

Sesuai dengan perhitungan RPN pada Tabel FMEA, *defect core* kasar ini mempunyai nilai RPN 42, yang tergolong kecil, sehingga dipilih *corrective maintenance*.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada proses produksi *plywood* ukuran 9 x 1220 x 2440 mm di PT Kutai Timber Indonesia, maka adapun kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut.

- Setelah dilakukan analisa terhadap *value added time* dan *non value added time* pada *current state map* yang menggambarkan aliran informasi dan aliran material di area produksi PT Kutai Timber Indonesia, maka terdapat 3 jenis *waste* yang teridentifikasi yaitu *waste product defect*, *waiting time*, dan *unnecessary inventory*.
- Dari ketiga jenis *waste* yang teridentifikasi, adapun faktor-faktor yang paling berpengaruh dalam menyebabkan terjadinya *waste* disini adalah sebagai berikut.

##### a. *Waiting time*

Penyebab terjadinya *waste waiting time* disini adalah kurangnya jumlah mesin *dryer* pada masing-masing stasiun kerja, sehingga menghasilkan selisih waktu proses dalam pembuatan *face*, *back* dan *core*, yang menyebabkan adanya *waiting time* material yang akan memasuki proses *glue*, selain itu *waste waiting time* ini juga disebabkan karena adanya waktu

transportasi *material handling* dari stasiun kerja lain.

##### b. *Unnecessary inventory* (WIP)

Penyebab terjadinya *waste unnecessary inventory* (WIP) disini adalah kurangnya jumlah mesin *dryer*, sehingga menyebabkan WIP. Mesin *dryer* memiliki waktu proses yang lebih lama jika dibandingkan dengan proses sebelumnya, sehingga lamanya proses ini membutuhkan jumlah mesin *dryer* yang lebih pula.

##### c. *Product defect*

Penyebab terjadinya *product defect* pecah diluar standar adalah adanya tekanan yang keras terhadap material, dorongan, serta adanya material yang jatuh saat proses pemindahan ke alat *material handling*, yang disebabkan karena kurang ergonominya alat *manual material handling* yang digunakan, selain itu juga disebabkan karena adanya proses *repair* yang kurang sempurna. Untuk *waste product defect core* kasar disebabkan karena pisau penyayat pada mesin *rotary* sudah tidak tajam lagi, karena pemakaiannya telah melebihi usia pakai produktifnya dan disebabkan karena kualitas kayu yang kurang bagus.

- Adapun rekomendasi perbaikan berdasarkan nilai RPN tertinggi terhadap 3 *waste* yang terjadi adalah sebagai berikut.

##### a. *Waiting time*

*Waiting time* disebabkan kurangnya jumlah mesin *dryer* pada masing-masing stasiun kerja, sehingga menghasilkan selisih waktu proses dalam pembuatan *face*, *back* dan *core*. Perbaikan yang diusulkan adalah melakukan penambahan jumlah mesin *dryer* dari 1 mesin menjadi 2 mesin, sehingga diharapkan dapat meminimasi *waiting time* yang terjadi.

##### b. *Unnecessary inventory*

*Unnecessary inventory* disebabkan karena kurangnya jumlah mesin *dryer*, sama seperti penyebab yang ada di *waste waiting time*, sehingga menyebabkan WIP pada proses ini. Usulan perbaikan yang diberikan adalah penambahan jumlah mesin *dryer* dari 1 mesin menjadi 2 mesin, sehingga diharapkan dapat meminimasi jumlah material yang mengalami WIP.

##### c. *Product defect*

Terdapat 2 jenis *product defect* yang diberikan usulan perbaikan pada penelitian ini, antara lain adalah sebagai berikut.

1) Pecah diluar standar

Pecah diluar standar disebabkan karena adanya tekanan yang keras terhadap material, dorongan, serta adanya material yang jatuh saat proses pemindahan ke alat *material handling*, yang disebabkan karena kurang ergonominya alat *manual material handling* yang digunakan. Usulan perbaikan yang diberikan adalah dengan memberikan desain alat *material handling* yang lebih tepat dan ergonomis, yaitu dengan memberikan perbaikan pada pembatas dan pendorong alat *material handling*. Dengan usulan perbaikan ini, diharapkan tidak ada lagi material yang jatuh saat proses *material handling*, tidak ada lagi tekanan yang keras pada material, sehingga jumlah *product defect* yang disebabkan proses *material handling* ini dapat diminimasi.

2) Core kasar

Core kasar disebabkan karena pisau penyayat pada mesin *rotary* sudah tidak tajam lagi, karena pemakaiannya telah melebihi usia pakai produktifnya. Usulan perbaikan yang diberikan adalah dengan melakukan *corrective maintenance* yaitu menentukan perawatan dengan pekerjaan perbaikan rehabilitatif. Dengan

melakukan *corrective maintenance* disini, harapannya pisau yang ketajamannya telah berkurang dapat dilakukan pergantian sehingga jumlah produk yang *defect* pun dapat diminimasi.

## Daftar Pustaka

Hines, P. and Taylor, D. (2000). *Going Lean: A Guide to Implementation*. Lean Enterprise Research Centre, Cardiff Business School

Liker, Jeffrey K. (2006). *The Toyota Way: 14 Prinsip Manajemen dari Perusahaan Manufaktur Terhebat di Dunia*. Jakarta: Erlangga

Rother, M and Shook, Jhon. (2003). *Learning to See Value Stream Mapping ti Create Value and Elimite Muda*. USA: The Lean Enterprise Institute, Inc

Wignjosoebroto, Sritomo. (2009). *Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan*. Surabaya: Guna Widya

Wilson, Lonnie. (2010). *How to Implement Lean Manufacturing*. USA: McGraw-Hill

Pheasant, Stephen. (2003). *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work*. Taylor and Francis.